

環境 R&D と経済成長

(草稿)

小山直則

淡江大学アジア研究所

2011 年 8 月

概要

本稿は、Grossman and Helpman(1991,ch3)のバラエティーモデルに企業の新製品の開発活動と排出削減技術の開発(環境 R&D)を導入し、これが経済成長と環境に与える影響を分析する。R&D のメカニズムは、差別化された財の生産部門(汚染財)が独占的競争に直面し、独占利潤から新しい財の種類や排出削減技術を開発するというものである。本稿では、企業の自発的な排出削減活動をモデル化し、時間選好率と多様性への選好が排出削減技術や経済成長に与える効果を分析する。

1. 序

日本経済は 1990 年代のバブル不況以降、経済が低迷している。2010 年 1 月の IMF 経済見通しによると、2008 年の世界金融危機以降の日本の実質経済成長率は先進国の平均を下回っている。日本政府は、2010 年 6 月に新成長戦略を発表した。7 項目の成長分野の中で **Green Innovation** を掲げている。排出削減技術の開発(環境 R&D)を通じて日本経済は成長を実現できるのであろうか？

新製品の研究開発活動が経済成長に与える効果については、Romer(1990)や Grossman and Helpman(1991)などによって議論された。Romer(1990)では、最終財部門、中間財部門、研究開発部門の 3 部門が存在し、差別化された中間財の種類の増加が最終財部門の生産性を上昇させ、経済成長のエンジンとなっている。Grossman and Helpman(1991, ch.3)では、最終財部門と研究開発部門が存在し、差別化された最終財の種類の拡大が知識の拡散を通じてマーシャル的な正の外部効果をもたらし、経済が成長するモデルを提示している。

これらのモデルでは、環境汚染問題を考察していないが、Romer(1990)のモデルを拡張した論文として Elbasha and Roe(1996)がある。Elbasha and Roe(1996)は最終財 2 部門、中間財部門、研究開発部門の 4 部門モデルとなっている。最終財の 2 部門は貿易財であり、環境汚染部門である。環境汚染は最終財の生産量に比例して発生すると仮定されている。環境汚染は家計部門の効用に負の外部効果をもたらす。最終財の生産技術は、資本、労働、中間財について収穫一定である。中間財の生産技術は、資本と労働に関して収穫一定である。研究開発部門は資本と労働に加えて外部効果として財の種類の拡大による知識の拡散効果(Knowledge Spillover)が仮定されおり、Romer(1990)と同様に、これが最終財の生産性を高めて経済を成長させるエンジンとなっている。

この問題を考えるための基本モデルとして Romer(1990)のモデルを展望しておこう。Romer(1990)は、最終財部門、中間財部門、研究開発部門の 3 部門モデルである。最終財の生産技術は、人的資本、労働、中間財について収穫一定である。中間財の生産技術は、資本と労働に関して収穫一定である。研究開発部門は資本と労働に加えて外部効果として財の種類の拡大による知識の拡散効果(Knowledge Spillover)が仮定されおり、Romer(1990)と同様に、これが成長のエンジンとなっている。

Grossman and Helpman(1991, ch3)、Romer(1990)、Elbasha and Roe(1996)のモデルの共通した特徴は、生産要素の賦存量が多い経済ほど早く成長する規模効果が存在することである。Romer(1990)と Elbasha and Roe(1996)のモデルの共通した特徴は、時間選好率の低下、研究開発部門の生産性上昇、異時点間の代替の弾力性の上昇(相対的危険回避測度の下落)とともに経済成長が高くなる。Elbasha and Roe(1996)のモデルでは、経済成長と環境汚染の関係を議論し

ている。このモデルでは、相対的危険回避測度が低下すると利子率が低下し、将来財から現在財への代替効果が働く。同時に、利子率の低下を通じて、現在財の消費を減らして異時点間の消費を平準化させようとする所得効果が働く。相対的危険回避測度が 1 よりも小さい場合は、代替効果が所得効果を上回り、経済成長を促進させ、環境を悪化させることが示された。

本稿の目的は、企業の自発的な排出削減活動とそれが経済成長と環境に与える効果を分析することにある。本稿では、排出率の変化が企業の固定費用や研究開発活動への労働生産性に与える効果を考察することによって企業の自発的な排出削減活動を考察した。本稿では、Romer(1990)と Elbasha and Roe(1996)のモデルとは異なり、時間選好率の低下は必ずしも経済成長率を高めないことが示される。さらに、差別化財間の代替の弾力性の変化の企業の排出率への影響は家計の多様性への選好の度合いによって異なることが示される。

本稿の構成は以下のとおりである。第 2 節では、モデルを提示する。第 3 節では、移行過程の性質を示し、定常均衡を導出する。第 4 節では、結論を述べる。

2. モデル

家計は、労働と金融資産から得た所得で、差別化された財を消費する。経済には、 L 人の家計が存在する。差別化財部門は、 n 企業からなり、第 i 企業は、財 X のうち 1 種類 x_i を生産する。差別化財 1 単位は、労働力のみで生産されるものとする。差別化財部門は、独占的競争市場に直面している。差別化財の生産過程において、生産量の一定割合の環境汚染が排出されるものと仮定する。

2.1. 環境汚染

環境汚染は、差別化財の生産過程から発生し、家計の効用を低下させる。環境汚染の発生過程を

$$D(t) = \int_0^n \lambda_i(t) x_i(t) di \quad (1)$$

と仮定する。ここで、 D 、 x_i 、 λ_i はそれぞれ環境汚染、差別化 i の財の生産量、排出率である。

2.2. 家計部門

代表的家計は、無限期間にわたる効用関数

$$U(t) = \int_t^\infty [\log C(s) - \eta D(t)] e^{-\rho(s-t)} ds \quad (2)$$

を持つ。ここで、 C 、 $\eta(>0)$ 、 ρ は、それぞれ差別化財からなる合成された消費指数、環境汚染の影響度を表す定数、時間選好率を表す。消費指数は、

$$C(s) = \left(\int_0^n x_i(s)^\theta di \right)^{\frac{1}{\theta}}, \quad \theta \in (0,1)$$

と定義される。ここで、 x_i 、 θ 、 n は、それぞれ差別化 i の財の消費量、差別化財の多様性を選好する度合いを表すパラメーター、財の種類を表す。

代表的家計は次の最適化問題

$$\max \int_t^\infty [\log C(s) - \eta D(t)] e^{-\rho(s-t)} ds$$

$$s.t. \dot{a}(t) = r(t)a(t) + w(t) + T - E(t) \quad (3)$$

$$E(t) = \int_0^n p_i(t) x_i(t) di \quad (4)$$

$$C(s) = \left(\int_0^n x_i(s)^\theta di \right)^{\frac{1}{\theta}}$$

を解く。この問題を Grossman and Helpman(1991)のように静学問題と動学問題に分けて解く。

まず、一時的に消費指数 C が与えられたときの差別化財の補償需要関数を求める。これは、

$$\min \int_0^n p_i(t) x_i(t) di$$

$$s.t. C(s) = \left(\int_0^n x_i(s)^\theta di \right)^{\frac{1}{\theta}}$$

を解くことによって得られる。この費用最小化問題一階の条件と制約条件を用いると、差別化 j の補償需要関数

$$x_j(t) = \frac{p_j(t)^{\frac{1}{\theta-1}} C(t)}{\int_0^n p_i(t)^{\frac{\theta}{\theta-1}} di}$$

を得る。これを $\int_0^n p_i(t) x_i(t) di$ に代入して j について積分すると、

$$\int_0^n p_j(t) x_j(t) d j = \left(\int_0^n p_i(t)^{\frac{\theta}{\theta-1}} d i \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} C(t) \equiv P(t) C(t) \quad (5)$$

を得る。ここで、 $P(t) \equiv \left(\int_0^n p_i(t)^{\frac{\theta}{\theta-1}} d i \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}}$ である。(4)式を差別化 j の補償需要関数に代入すると、

$$x_j(t) = \frac{p_j(t)^{\frac{1}{1-\theta}} E(t)}{P(t)^{\frac{\theta}{1-\theta}}} \quad (6)$$

を得る。支出 $E(t)$ と金融資産 $a(t)$ の経路が決定されると(6)式は内生的に決定さ

れるから、(4)・(5)式から得られる $C(t) = \frac{E(t)}{P(t)}$ を(2)式に代入した間接効用関数を

(3)式の制約条件の下で最大化する問題を考える。

$$\max \int_t^\infty [\log E(s) - \log P(s) - \eta D(s)] e^{-\rho(s-t)} d s$$

$$s.t. \quad \dot{a}(t) = r(t)a(t) + w(t) - E(t)$$

この問題の一階の条件は予算制約と

$$\frac{1}{E(t)} - \mu(t) = 0$$

$$\dot{\mu}(t) - \rho \mu(t) = -r(t) \mu(t)$$

である。横断性条件は、

$$\lim_{\bar{t} \rightarrow \infty} a(\bar{t}) \mu(\bar{t}) e^{-\rho \bar{t}} = 0$$

である。ここで、 $\mu(t)$ は t 時点の効用で測った金融資産一単位の価値を表す。一階の条件より、次のオイラー方程式

$$\frac{\dot{E}(t)}{E(t)} = r(t) - \rho \quad (7)$$

を得る。以下では支出 E をニューメラルと考える。すなわち、各時点におい

て支出 $E(t)$ が 1 となるように名目価格が調整される仮定する。すると、

$$r(t) = \rho \quad (8)$$

となる。

2.2. 生産部門

本節では、生産部門の最適化行動について考察する。差別化財部門は、第一段階で新製品と新しい排出技術の開発活動を行う。第二段階では、既存の財の種類を生産量を決定する。差別化財 1 単位は、労働 1 単位と固定的労働で生産されるものとする。各企業は、独占的競争市場に直面している。各々の企業は、環境汚染を排出する。

仮定 1. 本稿では、追加的生産量 1 単位につき、労働を 1 単位必要とすると仮定する。さらに、生産活動をセットアップするとき、固定的労働が必要となると仮定する。固定的労働は、企業が低い排出技術を選択するほど低くなると仮定する。また、この固定費用はストック外部性を受け、バラエティーの上昇とともに下落すると仮定する¹。以下では、

$$l_i(t) = x_i(t) + \frac{k(\lambda_i)}{n(t)}$$

と仮定する。ここで、 $k(\lambda_i(t)) = \lambda_i(t)^{-\delta}$ 、 $\delta \in (0, 1]$ と特定化する。

差別化 i の生産企業は、独占的競争生産者であるため、需要関数(6)式に直面している。第 i 企業は、次の利潤最大化問題

$$\max \pi_i(t) = [p_i(t) - w(t)]x_i(t) - \frac{w(t)k(\lambda_i(t))}{n(t)}$$

$$s.t. \quad x_i(t) = \frac{p_i(t)^{\frac{1}{1-\theta}} E(t)}{P(t)^{\frac{\theta}{1-\theta}}}$$

を解く。利潤最大化問題を解くと、差別化 i の独占価格は、

¹ Hung and Phan(1998)では、生産活動に必要な可変労働量と固定的労働量はともに排出率に依存すると仮定している。

$$p_i(t) = \frac{w(t)}{\theta} \quad (9)$$

となる。(6)式と(9)式を利潤の定義式に代入すると、

$$\pi_i(t) = \left(\frac{1-\theta}{\theta} \right) \frac{w(t) p_i(t)^{\frac{1}{1-\theta}} E(t)}{P(t)^{\frac{\theta}{1-\theta}}} - \frac{w(t) k(\lambda_i(t))}{n(t)} \quad (10)$$

を得る。ここで、支出 $E(t)$ 、賃金率 $w(t)$ および一般物価 $P(t)$ は企業 i にとって

所与なので、利潤は λ_i のみの関数として表すことができる。

2.3. R&D 部門

企業は、自由に R&D 活動に参加できる。企業 i は第一段階で R&D に参加するかを決定し、さらに、最適な排出率を選択する。より排出率の低いクリーンな財を生産するためには、より多くの労働を用いた実験が必要である。したがって、より低い排出率を研究開発するためには、新しいバラエティーの生産性が犠牲となる形で機会費用が発生すると仮定する。そこで、以下の仮定を置く。

仮定 2. 知識の生産関数を以下のように仮定する。

$$\dot{n}(t) = \frac{n(t) L_A(t)}{b(\lambda_i(t))}$$

ここで、次の二つのメカニズムが知識の生産性に影響する。一つは、Grossman and Helpman(1991)で仮定されているように、バラエティーに関する知識の蓄積 n が一般知識として正の外部効果をもたらすメカニズムである。もう一つは、 $b(\lambda_i(t))$ は低い排出率を選択するほど R&D 活動の生産性が低くなるメカニズム

であり、以下では、

$$b(\lambda_i(t)) = \lambda_i(t)^{-\phi}, \quad \lambda_i(t) \in (0, \lambda^{\max}], \quad \phi \in (0, 1]$$

のように仮定する²。

自由参入の相補条件は、

² Jones(1998)の第 5 章では、知識ストックがアイデアの生産に与える正の外部効果を肩車の効果と呼んでいる。また、アイデアの生産に投入される労働力の混雑効果による限界生産性の逡減性を踏み付け効果と呼んでいる。

$$\frac{w(t)b(\lambda_i)}{n(t)} \geq v_i(t), \quad \dot{n}(t) \geq 0, \quad \dot{n}(t) \left\{ \frac{w(t)b(\lambda_i)}{n(t)} - v_i(t) \right\} = 0 \quad (11)$$

となる。ここで、 v_i は差別化 i の生産企業の利潤の t 時点における現在価値であり、

$$v_i(\lambda(t)) = \int_t^\infty \pi_i(\lambda_i(s)) \exp\left(-\int_t^s r(v) dv\right) ds \quad (12)$$

と表せる。差別化 i の生産企業は、 $v(\lambda_i(t)) - \frac{w(t)b(\lambda_i(t))}{n(t)}$ を $\lambda(t)$ について最大化

する。内点解のとき ($\lambda_i < \lambda^{\max}$)、最適条件は、

$$-\int_t^\infty \frac{w(t)k'(\lambda_i(t))}{n(t)} \exp\left(-\int_t^s r(v) dv\right) ds = \frac{w(t)b'(\lambda_i(t))}{n(t)} \quad (13)$$

である。

2.3. 市場均衡

本節では、市場均衡を考察しよう。この経済の市場均衡は、経済主体の最適化条件が満たされ、財市場、金融市場、労働市場を清算しているような価格と配分である。経済全体の金融資産は、 $a(t)L = n(t)\mu(t)$ であり、均衡ではゼロとなる。各企業が対称であるとき、

$$p_i(t) = p(t), \quad P(t)^{-\frac{\theta}{1-\theta}} = n(t)p(t)^{-\frac{\theta}{1-\theta}}, \quad \lambda_i(t) = \lambda(t)$$

と仮定できる。以下では、対称均衡を考察する。差別化財市場が均衡している

とき、仮定 1 と (6) 式を用いると、 $C(t) = n(t)x(t) = n(t) \left(l(t) - \frac{k(\lambda(t))}{n(t)} \right) = \frac{E(t)}{p(t)}$ で

あるから、(6) 式と (10) 式を用いると、

$$n(t)l(t) = \frac{E(t)}{p(t)} + k(\lambda(t)) \quad (14)$$

を得る。

(14) 式を用いると、ワルラス条件より労働市場の均衡

$$\dot{n} \frac{b(\lambda(t))}{n(t)} + \frac{E(t)}{p(t)} + k(\lambda) = L \quad (15)$$

によって、モデルを閉じることができる。ここで、 L は家計の非弾力的な労働供給である。

3. 移行過程と定常均衡

本節では、対称均衡を仮定し、 $v(t)$ 、 $n(t)$ と $E(t)$ の動学を考察する。財の種類が一定率で成長する定常均衡について考察する。財の種類の成長率を

$$\frac{\dot{n}(t)}{n(t)} = g \quad (16)$$

とする。(15)式と(16)式より、定常状態では支出 $E(t)$ は一定となる。これは、

$$r(t) = \rho \quad (17)$$

を意味する。

以下では、 E の定常平面における $v(t)$ と $n(t)$ の動学を考察する。Grossman and Helpman(1991)の第3章のように、 $V(t) \equiv \frac{1}{n(t)v(t)}$ という変数を定義する。

自由参入の相補条件より、 $\dot{n}(t) > 0$ ならば、

$$v(t) = \frac{w(t)b(\lambda(t))}{n(t)} \quad (18)$$

が成り立つ。これと(9)式と(15)式を用いると、

$$g b(\lambda(t)) + \theta b(\lambda(t)) V(t) E(t) + k(\lambda) = L \quad (19)$$

となる。 $V(t)$ の定義式の両辺を時間微分すると、

$$\frac{\dot{V}(t)}{V(t)} = -g - \frac{\dot{v}(t)}{v(t)} \quad (20)$$

となる。(17)式を用いると、次の裁定条件が成立する。

$$\frac{\dot{v}(t)}{v(t)} = \rho - \frac{\pi(t)}{v(t)} \quad (21)$$

(9)式、(10)式および(18)式を差別化財部門の利潤の定義式に代入し、対称性を用いると、

$$\frac{\pi(t)}{v(t)} = \frac{(1-\theta)E(t)}{w(t)b(t)} - \frac{w(t)k(\lambda(t))}{n(t)} \quad (22)$$

を得る。(21)式と(22)式を(20)式に代入すると、

$$\frac{\dot{V}(t)}{V(t)} = -g - \rho + (1-\theta)E(t)V(t) - \frac{k(\lambda(t))}{b(\lambda(t))} \quad (23)$$

を得る。(19)式と(23)式より、 V と g の動学を考察できる。図 1 のように縦軸に V 、横軸に g をとると、 $\dot{V}(t)=0$ 線の傾きは、 $\frac{1}{(1-\theta)E}$ 、縦軸の切片は、

$$\hat{V}_2 = \frac{\rho + k(\lambda)b(\lambda)^{-1}}{(1-\theta)E} \text{ となる。 (19)式のグラフの傾きは、 } -\frac{1}{\theta E} \text{、縦軸の切片は、}$$

$$\hat{V}_1 = \frac{L - k(\lambda)}{\theta b(\lambda)E} \text{ となる。 } \hat{V}_1 > \hat{V}_2 \text{ と仮定すると、図 1 で示された A 点が唯一の定常解}$$

となる。

Grossman and Helpman(1991)の第 3 章に記されている理由と同様の理由で、初期値を A 点とし、この点にとどまる経路のみがこの経済において有意な移行経路となる。

(17)式と(18)式を用いて、(13)式を積分すると、定常状態において

$$\frac{k'(\lambda)}{g + \rho} = b'(\lambda) \quad (24)$$

が成り立つ。 $k(\lambda)$ と $b(\lambda)$ に関する仮定を用いると、定常状態における排出率は、

$$\lambda = \left\{ \frac{\delta}{\phi(g + \rho)} \right\}^{\frac{1}{\delta - \phi}} \quad (25)$$

となる。 $\delta = \phi$ ならば、 λ の解は確定しない。また、(13)式的最適化の二階の条件より、 $\frac{k''(\lambda)}{g + \rho} > b''(\lambda)$ であるから、 λ の下限値 λ^{\min} は、

$$\lambda > \left\{ \frac{\delta(1+\delta)}{\phi(1+\phi)(g+\rho)} \right\}^{\frac{1}{\delta-\phi}} \equiv \lambda^{\min}$$

となる。

(25)式を全微分すると、

$$\frac{d\lambda}{d\rho} + \Lambda_1 \frac{dg}{d\rho} = -\Lambda_1 \quad (26)$$

となる。ここで、 $\Lambda_1 \equiv \frac{\delta(\delta-\phi)\lambda^{\delta-\phi-1}}{\phi}$ である。(19)式を(23)式に代入して V を消去し、この式を全微分すると、

$$\Lambda_2 \frac{d\lambda}{d\rho} - \frac{dg}{d\rho} = 1 \quad (27)$$

を得る。ここで、

$$\Lambda_2 \equiv \delta\lambda(t)^{\phi-\delta-1} - g + \frac{\phi}{\lambda}\theta\rho$$

である。(26)式と(27)式についてクラメールの公式を用いると、

$$\frac{d\lambda}{d\rho} = 0 \quad (24)$$

$$\frac{dg}{d\rho} = -1 < 0 \quad (25)$$

を得る。以上の考察から、以下の命題を得る。

命題 1.

- (i) 家計の時間選好率が小さく、すなわち、近視眼的であるほど、バラエティーの成長を上昇させる
- (ii) 企業の排出削減活動は、家計の時間選好率とは独立である。

命題 1 の結論において、家計の時間選好率が小さく、すなわち、近視眼的であるほど、経済を成長させることがわかる。これは、Romer(1990)と Elbasha and Roe(1996)のモデルの結論と整合的である。しかし、Elbasha and Roe(1996)のモデルとは異なり、近視眼的な家計の下でも排出削減活動を変化させないことがわかる。この理由は、(13)式において割引率の変化の効果は同率のバラエティーの拡大によって吸収されてしまい、企業の排出削減行動に影響しないためであると考えられる。

命題 1 と同様に、多様性の選好に関するパラメーターである θ の変化の効果を調

べるために、(25)式を全微分すると、

$$\frac{d\lambda}{d\theta} + \Lambda_1 \frac{dg}{d\theta} = 0 \quad (30)$$

となる。(19)式を(23)式に代入して V を消去し、この式を全微分すると、

$$\Lambda_3 \frac{d\lambda}{d\theta} - \frac{dg}{d\theta} = \Lambda_4 \quad (31)$$

を得る。ここで、

$$\Lambda_3 \equiv \lambda(t)^{-1} \{ \delta \lambda^{-\delta} + \phi g(1+\theta) \lambda^{-\phi} \} > 0$$

$$\Lambda_4 \equiv \frac{L}{b(\lambda)} + \rho > 0$$

である。以上の考察から以下の命題を得る。

命題 2.

- (i) $\delta \geq \phi$ のとき、家計の多様性への選好が高まるほど、バラエティーが拡大される。 $\delta < \phi$ のときの効果は不明である。
- (ii) $\delta > \phi$ のとき、家計の多様性への選好が高まるほど、高い排出率が選択される。 $\delta = \phi$ のとき、 $\frac{d\lambda}{d\theta} = 0$ 。 $\delta < \phi$ のとき、 $\frac{d\lambda}{d\theta}$ の符号は確定できない。

命題 2 の経済学的な意味を整理すると以下ようになる。排出削減が研究開発の効率性の低下よりも固定費用の上昇に大きく影響するか等しい場合、すなわち、 $\delta \geq \phi$ であると、バラエティーの拡大が促進される。同様に、 $\delta > \phi$ のとき、家計の多様性への選好が高まるほど、企業は高い排出率を選択する。 $\delta = \phi$ のとき、家計の多様性への選好は企業の排出率の選択に影響しない。

排出削減が研究開発の効率性の低下よりも固定費用の上昇に大きく影響する場合、すなわち、規模の経済性が強く働くため、企業は平均費用を速く低下させるクリーンでない技術を採用しようとすると考えられる。

4. 結論

本稿では、排出技術と企業の知識ストックの外部効果が固定費に与えるメカニズムと知識の生産性に与えるメカニズムを考察してきた。従来の研究では排出税や排出基準規制を通じた排出率の内生化と経済成長に関する考察がなされてきた。このモデルでは、排出税がない自由放任状態では市場が崩壊してしまうことになる。本稿では、企業の自発的な削減メカニズムを提示したことが貢献の一つである。

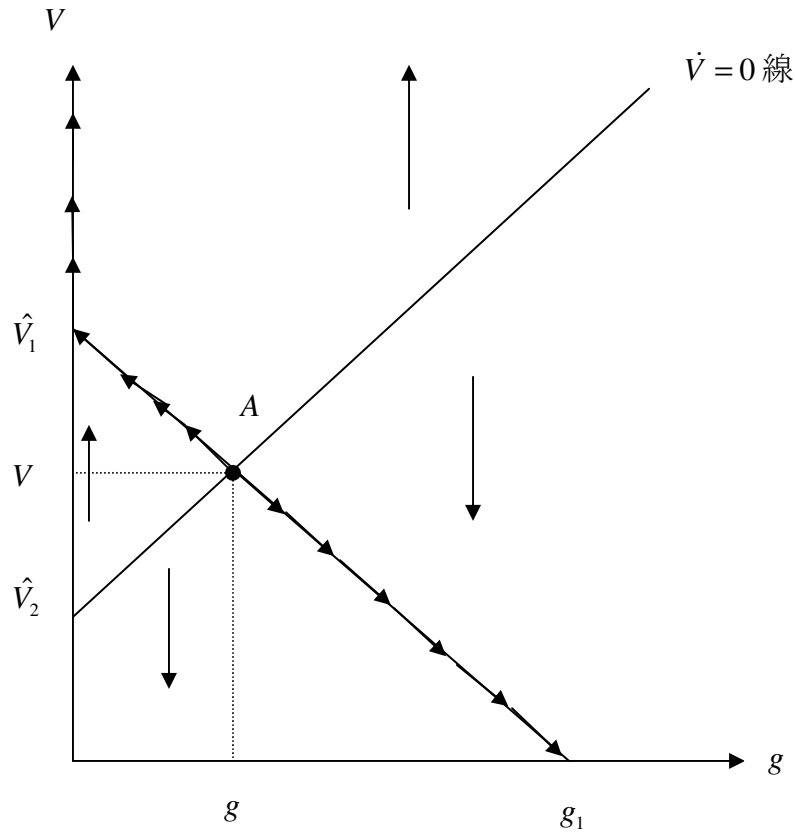
自発的な削減メカニズムを考察するために、排出削減活動が固定費用を通じて働く規模の経済性と研究開発の効率性に影響を与えるモデルを構築した。このモデルの下で、時間選好率が経済成長と排出削減技術に与える効果について、以下の結論が得られた。第一に、家計が近視眼的であるほど、経済成長率を高める。第二に、家計の時間選好率の変化の効果はバラエティーの拡大効果によって相殺され、企業の排出削減技術の選択には全く影響しない。さらに、家計の多様性への選好が経済成長と排出削減技術に与える効果について、以下の結論が得られた。第一に、企業の排出削減活動が規模の経済性に強く作用する場合、家計の多様性への選好が高まるほど、経済成長が促進される。第二に、企業の排出削減活動が規模の経済性に強く作用する場合、家計の多様性への選好が高まるほど企業はクリーンでない技術を選好するということである。

今後の課題としては、このモデルを貿易モデルの拡張し、日本と東アジアのグローバル化の進展が環境 R&D 活動を通じて各国の経済成長と環境にどのような影響を与えるのかを考察するためのモデルを作成することである。さらに、各国政府が最適な企業の排出基準(排出率の水準)をどのように設定するのかを検討することにより、国際環境合意の成立条件を考察するための準備的な考察を行いたい。

参考文献

- Antweiler W. , Brian R. Copeland and M. Scott Taylor(1998), Is Free Trade Good for the Environment?, *NBER Working Paper*, No. W6707.
- Copeland B. R. and M. S. Taylor(2003), Trade, Growth and the Environment, *NBER Working Paper*, No. 9823.
- Elbasha and Roe(1996), "On Endogenous Growth: The Implications of Environmental Externalities," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.31.
- Grossman and Helpman(1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Hung and Phan(1998), "Contrôle de pollution et commerce international en concurrence monopolistique," *Revue économique*, Vol. 49, No. 2.
- Masahisa F., P. Krugman and Anthony J. Venables(1999), *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*, MIT Press.
- Romer(1990), "Endogenous Technological Change," *The Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5.

図 1.



$$g_1 = \frac{1}{b(\lambda)} \{L - k(\lambda)\}$$

$$\hat{V}_1 - \hat{V}_2 = \frac{(1-\theta)L - (k + \rho\theta b)}{\theta b(1-\theta)E}$$

$$\dot{V}(t) = 0 \text{ 線の傾き} = \frac{1}{(1-\theta)E}, \text{ 縦軸の切片} = \hat{V}_2 = \frac{\rho + k(\lambda)b(\lambda)^{-1}}{(1-\theta)E}$$

$$(19) \text{ 式のグラフの傾き} = -\frac{1}{\theta E}, \text{ 縦軸の切片} = \hat{V}_1 = \frac{L - k(\lambda)}{\theta b(\lambda)E}$$